Mus. Th.
823

Dellmann
Die Harmonie
der Einzeltöne

Mus. Th.
823

Delbrann

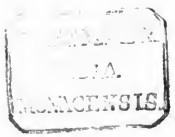
Mus. Th.
323.

Mus. th.
823.

Dellman

Digitized by Google

823



Digitized by Google

Populär-Naturwissenschaftliche

Vorträge

über

neuere Forschungen.

Erstes Heft.

Die

Harmonie der Einzeltöne

von

Dr. F. Dellmann.

Kreuznach.
R. Voigtländer.
1867.

Digitized by Google

Die

Harmonie der Einzeltöne

oder

das Ohm'sche musikalisch-akustische Gesetz.

Von

Dr. F. Dellmann,

Oberlehrer am Königl. Gymnasium zu Kreuznach, Mitglied der physicalischen Gesellschaft in Berlin, Ehrenmitglied der Pollichia der Rheinpfalz und des Freien Deutschen Hochstifts in Frankfurt, correspondirendes Ehrenmitglied der naturforschenden Gesellschaft zu Emden.

Kreuznach.

R. Voigtländer.

1867.

Digitized by Google

Digitized by Google

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Ueber neuere musikalisch-akustische Forschungen

Hochgeehrte Versammlung.

Es gibt im Reiche der Töne viele Erscheinungen, auf welchen bisher ein dichter Schleier lag; dieser ist durch neuere Forschungen gelüftet worden. Man hatte und hat wol meist noch eine sehr mangelhafte Vorstellung von dem, was man im gewöhnlichen Leben einen Ton nennt. Die Ursache der Klangfarbe, der Eigenthümlichkeit der Töne verschiedener Instrumente, wusste man nicht anzugeben. Die Natur der Consonanz und Dissonanz, des Wohlgefallens und Missfallens am Zusammenklang der Töne, fasste man ganz falsch auf. Die Art und Weise, wie die musikalischen Instrumente ihre Töne entstehen lassen, war meist nur sehr unvollkommen bekannt. Und endlich boten unser Gehör- und Stimm-Organ uns noch viele Räthsel dar. Recht befriedigenden Aufschluss über diese Punkte gibt uns die nach kurzer Zeit in 2. Auflage erschienene Schrift eines unserer tüchtigsten Physiologen, des Professors Helmholtz in Heidelberg; sie führt den Titel: „Ueber Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik." Sie weis't zugleich recht gründlich nach, dass die bisherige Grundlage der Theorie der Musik unbrauchbar geworden ist. Ein einziger Satz aus dieser Schrift, dessen Behandlung ungefähr die Hälfte des Werkes bildet, soll der Gegenstand unseres heutigen Vortrages sein, nämlich das von dem Physiker Ohm gefundene musikalisch-akustische Gesetz, welches etwa so lautet: „Das im gewöhnlichen Leben Ton genannte Hörbare ist meist

Digitized by Google

ein Zusammenklang harmonischer Töne," oder kurz, „fast jeder Ton ist eine Harmonie."

Sehen wir vorläufig von der wissenschaftlichen Bedeutung dieses Gesetzes ganz ab, so erregt es doch noch von einer Seite her schon von vornherein unser Interesse. Einen Ton hält man gewöhnlich für etwas Einfaches; er soll aber ein Zusammengesetztes, eine Harmonie sein, woraus folgt, dass es weit mehr Harmonie in der Welt gibt, als man gewöhnlich glaubt. Und so hat auch hier die Naturforschung ihren alten Charakter bewährt, welcher darin besteht, dass sie uns mit ihrem Fortschritt nicht blos materiell und geistig, sondern auch gemüthlich reicher macht. Am heutigen Tage, beinahe am Ende dieses Jahres, in welchem die grosse Disharmonie unseres Vaterlandes sich in Harmonie aufzulösen begonnen hat, und nach den Tagen des schönsten Festes, wo alle Gemüther in harmonischer Stimmung sind[1]), findet hoffentlich ein Vortrag über die Harmonie der Töne einen wohl vorbereiteten Boden.

Wir wollen unsern Satz zuerst erörtern, dann beweisen, und zuletzt anwenden. Der 1. Theil unseres Vortrages wird also rein theoretisch sein, der 2. theoretisch-praktisch, da das Beweisen durch Experimente geschehen muss, der 3. überwiegend praktisch, da er sich mit der Tonerzeugung unserer Instrumente befasst und zuletzt uns unser Stimm- und Gehör-Organ kennen lehrt.

Indem wir in die Erörterung unseres Satzes eintreten, müssen wir zuerst den Unterschied zwischen Geräusch und Ton feststellen. Das Geräusch lässt uns etwas Unbeständiges, Unregelmässiges und Gemischtes vernehmen, der Ton im Gegentheil etwas Gleichförmiges, Beständiges und Regel-

[1]) Der Vortrag wurde gehalten am 28. Dec. 1866.

Digitized by Google

mässiges. Daher kommt es auch wohl, dass wir zur Bezeichnung eines Geräusches eine bedeutend grössere Zahl von Wörtern besitzen, als für den Ton [2]) Wenn wir bedenken, dass alles Hörbare durch Lufterschütterungen zu unserer Wahrnehmung kommt, so müssen wir schon durch diesen Unterschied zu der Ansicht gelangen, dass bei dem Geräusche nichtperiodische, beim Tone periodische Luftbewegungen zu Grunde liegen. Diese Ansicht wird bestätigt dadurch, dass wir die Körper, welche Töne zu erzeugen vermögen, bei langsamer Bewegung Schwingungen machen sehen. Die Schnelligkeit dieser Schwingungen können wir wachsen lassen, bis endlich ein Ton entsteht. Die Schwingungen der tönenden Körper müssen sich der Luft mittheilen; denn nur durch diese gelangen sie meist zu unserm Ohr. Da entsteht denn die Frage, wie wir uns die tönenden Luftbewegungen zu denken haben. Darüber belehren uns am besten die Wasserwellen, welche am deutlichsten im stillen Wasser entstehen, wenn man einen Stein hineinwirft. Wir sehen die Wellenringe von der Erregungsstelle aus allmählig sich erweitern, und wenn an mehreren Punkten Stellen errregt werden, die Ringe verschiedener Wellensysteme sich durchkreuzen. Bei genauerem Zusehen, bei welchem die Beobachtung erleichtert wird, wenn kleine Körper auf dem Wasser schwimmen, bemerken wir, dass die Wassertheilchen mit den Wellenringen nicht fortgeschoben werden, sondern dass sich diese Theilchen nur auf und ab bewegen. Was hier die abwechselnden höheren und

---

[2]) Für das Geräusch haben wir z. B. die Wörter: donnern, knallen, knattern, rollen, rasseln, rauschen, rieseln, knistern, lispeln, flüstern, zischen, plätschern, sausen, säuseln, knarren, knacken, brummen, schreien, stöhnen, ächzen, summen, surren, suseln, schwirren, krächzen, krachen, für den Ton: tönen, singen, pfeifen, läuten, klingeln, und schmettern steht zwischen beiden.

Digitized by Google

tieferen Wellenringe sind, Wellenberge und Wellenthäler genannt, das müssen bei den Luftschwingungen Verdichtungen und Verdünnungen sein. In den Verdichtungen schieben sich die Lufttheilchen auf einander, in den Verdünnungen umgekehrt. Daraus folgt, dass ein wesentlicher Unterschied besteht zwischen Wasser- und Luftwellen, da bei jenen die einzelnen Theilchen sich senkrecht bewegen auf der Richtung, in welcher die Wellen fortgehen, bei diesen aber gehen die Theilchen hin und her in der Richtung, wie die Wellen fortschreiten; jene nennt man desshalb auch transversale, diese longitudinale Schwingungen[3]), oder mit deutschen Wörtern jene Querschwingungen, diese Längsschwingungen.

Für die Beschaffenheit der Töne ist die Grösse, die Geschwindigkeit oder Dauer oder Zahl, und die Form der Schwingungen von der grössten Wichtigkeit. Die Grösse der Schwingungen oder die Grösse der Entfernung der Theile des schwingenden Körpers von der Gleichgewichtslage bestimmt die Stärke des Tones. Je grössere Wege die schwingenden Theile machen, desto stärker wird also auch die Einwirkung auf das Gehör-Organ. Die Schwingungsdauer oder die Zahl der in einer gewissen Zeit vollbrachten Schwingungen bestimmt die Höhe des Tones. Die Schwingungsform ergibt

---

[3]) Es ist wohl zu beachten, dass die longitudinalen Schwingungen der Lufttheilchen die Gehörempfindungen erst möglich machen. Denn nähme man an, dass die Lufttheilchen sich, wie die Wassertheilchen, senkrecht auf der Fortpflanzungsrichtung der Wellen, der Strahlen, wie wir uns beim Schall sowohl als beim Lichte ausdrücken, so wären sie ganz unfähig, das Trommelfell in Vibration zu setzen, da sie der Fläche dieses Organs parallel sich bewegen würden. Sie müssen aber darauf stossen, um es einwärts drücken zu können. Bei Querschwingungen der Lufttheilchen müsste also das Paukenfell in der Richtung der Achse des Gehörganges ausgespannt sein.

Digitized by Google

die Anzahl der Einzeltöne, welche in einem gewöhnlich Ton genannten Klange vorhanden sind. Die Schwingungszahl und Schwingungsform verlangen eine besondere Erörterung.

Bekanntlich werden die 8 Töne unserer gewöhnlichen oder Durtonleiter der Reihe nach mit den lateinischen Zahlwörtern von 1 bis 8 bezeichnet, also Prime, Sekunde, Terz, Quarte, Quinte, Sexte, Septime und Oktave genannt.

Jedenfalls gehören die Saiten-Instrumente mit zu den ältesten, wahrscheinlich weil Darmsaiten leicht anzufertigen sind. Von den Saiten war dem Pythagoras schon bekannt, dass, wenn zuerst die ganze Saite, dann deren Hälfte, das Drittel, Viertel, Fünftel, Sechstel, Siebentel, Achtel, u. s. w. in Schwingung gesetzt wird, man lauter Töne vernimmt, welche unter einander harmonisch sind bis zu einer gewissen Gränze hin, namentlich bis zum Sechstel der Saite, von da an aber meist unharmonisch, und um so mehr, je kleiner im Allgemeinen die Theile werden. So gibt, wenn wir den Ton der ganzen Saite den Grundton nennen, die Hälfte die nächsthöhere Oktave, das Drittel die Quinte der nächsthöhern Oktave, das Viertel die zweithöhere Oktave, das Fünftel die grosse oder gewöhnliche Terz der zweithöhern Oktave, das Sechstel die Quinte der zweithöhern Oktave. Wir haben also bis hierher die 3 Bestandtheile des Durdreiklanges, die Prime, grosse Terz und Quinte. Im 17. Jahrhundert führte der französische Mönch Maria Mersenne statt der Saitenlängen die Schwingungszahlen ein, da diese auf alle Instrumente passen, indem er nachwies, dass die Schwingungszahlen sich umgekehrt wie die Saitenlängen verhalten, dass also die halbe Saite doppelt, das Drittel 3 mal, das Viertel 4 mal, das Fünftel 5 mal, das Sechstel 6 mal so viel Schwingungen in derselben Zeit macht, wie die ganze Saite. Die Bestimmung der Tonhöhen nach Schwingungszahlen ist seit Mersenne allgemein

Digitized by Google

eingeführt. Da es wichtig ist, für alle Orchester-Instrumente eine übereinstimmende Tonhöhe zu haben, so schlug Scheibler aus Crefeld im Jahre 1834 auf der deutschen Naturforscherversammlung vor, für das a 440 Schwingungen fest zu setzen. Dieser Vorschlag wurde von den Naturforschern angenommen, ist aber bisher von den Musikern wenig beachtet worden.

Im Jahre 1843 erschien von Ohm, dem im Jahre 1854 in München verstorbenen Professor der Physik, demselben Gelehrten, dem wir auch das berühmte Gesetz von der Stärke des elektrischen Stromes verdanken, eine Abhandlung in Poggendorff's Annalen, in welcher er aus einer mathematischen Formel von Fourier über strahlende Wärme ein akustisches Gesetz entwickelte, nach welchem ein tönender Körper meist ausser dem Grundtone auch die folgenden Töne mit der doppelten, dreifachen, vierfachen, fünffachen, sechsfachen, u. s. w. Schwingungszahl müsse hören lassen. Dieses Gesetz hatte dasselbe Schicksal, wie das elektrische; es wurde anfangs wenig beachtet und gelangte nur langsam zur Anerkennung der Physiker und Musiker. Dass man seit Jahrtausenden diese Töne sollte überhört haben, klang zu seltsam. Zwar war es einzelnen Glücklichen gelungen, in seltenen Fällen die höheren Töne, welche dem Grundtone zugesellt sind und welche jetzt passend Obertöne genannt werden, wahrzunehmen; dass sie aber leicht hörbar gemacht werden können und fast allgemein, fast in jedem Tone unserer musikalischen Instrumente vorhanden sind, dies hat Helmholtz nachgewiesen und dadurch das Ohm'sche Gesetz zur Anerkennung gebracht. Helmholtz gibt eine passende Erklärung des Grundes, warum wir die Obertöne gewöhnlich überhören, indem er uns an das Stereoscop erinnert. Vor der Erfindung dieses Instrumentes war es fast allgemein unbekannt, dass uns jedes unserer

Digitized by Google

beiden Augen ein besonderes Bild liefert und dass diese beiden Bilder durch Gewohnheit im Bewusstsein zu eins verschmelzen. Seit dem so häufigen Gebrauche des Stereoscops ist es eine ziemlich allgemein bekannte Wahrheit, und es steht zu erwarten, dass es mit der entsprechenden Gehör-Erscheinung ebenso geht, da man die Obertöne, wenn man einmal auf sie aufmerksam geworden ist, sehr leicht ohne Hülfsmittel im Gesammttone hört. Wir wenden uns zur Schwingungsform.

Die uns aus der Anschauung am besten bekannte Schwingungsform ist die eines Uhrpendels. Dieselbe Schwingungsform haben die beiden Zinken einer tönenden Stimmgabel. Wenn man die eine Zinke der Stimmgabel mit einem Schreibstift versieht und sie dann schwingend schnell über ein Stück Papier hinwegbewegt, so dass dabei der Stift stets mit dem Papier in Berührung bleibt, so zeichnet er die Vibrationen auf dem Papier ab. Diese Zeichnungen lassen schöne Wellenlinien erkennen; in sanften Bogen gehen diese Linien auf und nieder. Das ist die Form der einfachen oder Pendelschwingung; das ist die Form der Schwingungen eines tönenden Körpers, welcher keine Obertöne neben dem Grundtone hören lässt. Wie nun überhaupt 2 oder mehr einfache Bewegungen sich zusammensetzen, sich zu einer gemeinsamen Bewegung verbinden lassen, so auch 2 Schwingungen. Wenn man 2 einfache Schwingungsformen auf einer und derselben geraden Mittellinie verzeichnet, aber solche, wo die Schwingungszahl der einen ein ganzes Vielfaches der Schwingungszahl der andern ist, so können immer noch 2 Hauptfälle Statt finden: man kann die Wellen gleichzeitig beginnen lassen, oder nicht, oder in Bezug auf die Zeichnung ausgedrückt, man kann die Anfangspunkte zweier Wellenlinien zusammenfallen lassen, oder nicht. Die Zeichnung der zusammengesetzten Welle ist für beide Fälle nicht schwer; man

Digitized by Google

braucht nur an verschiedenen Stellen der Mittellinie auf dieser senkrechte Linien, Perpendikel zu errichten und die beiden Stücke, welche zwischen den beiden Wellenlinien und der Mittellinie sich befinden, an einander zu legen und durch die Endpunkte eine neue Wellenlinie zu ziehen, so ist diese diejenige, welche beide Wellenlinien repräsentirt. Wenn die Anfangspunkte zweier Wellenlinien zusammen fallen, so sagt man, es sei kein Phasenunterschied vorhanden. Ist ein Phasenunterschied da, so entsteht eine ganz andere Wellenform, als im andern Falle, aber der Ton ist derselbe. Wir müssen uns also vorstellen, dass, wenn eine Saite z. B. den Grundton und zugleich den 1. Oberton, die nächst höhere Oktave hören lässt, so schwingt sie in einer Form, welche aus den Formen für beide zusammengesetzt ist. Dasselbe gilt, wenn der Obertöne mehr sind. Da nun die Erfahrung zeigt, dass die meisten Instrumente, auch das menschliche Stimmorgan, nicht nur mehrere, sondern häufig sogar viele Obertöne hören lassen, so folgt, dass die meisten Instrumente zusammengesetzte Schwingungen geben. Wie das Pendel als ein Apparat genannt worden, welcher einfache Schwingungen veranschaulicht, so möge auch noch die Bewegung eines Hammers in einem Hüttenwerke als Beispiel für zusammengesetzte Schwingungen angeführt werden. Bekanntlich wird dieser langsam gehoben und er fällt dann schnell wieder zurück; er macht also so zu sagen M-Striche.

Als Uebergang zum 2. Theil unseres Vortrags müssen wir noch eine Erscheinung erörtern, welche bei Tönen sehr häufig vorkommt und für das Folgende von der grössten Wichtigkeit ist; dies ist das Mitschwingen. Auch ein Knabe kann eine schwere Glocke endlich zum Anschlagen bringen, wenn er wiederholt und rechtzeitig am Strange zieht. So kann auch ein tönender Körper einen andern zum Mittönen

Digitized by Google

nöthigen, wenn dieser auf denselben Ton abgestimmt ist. Wenn dies nicht der Fall, so werden beider Schwingungen sich stören und das Mitschwingen erfolgt nicht. Es gibt aber auch Körper, z. B. Holz- und Glasplatten, welche in jede Schwingung eingehen und desshalb zu Resonanzböden verwendet werden, besonders die hohl gelegten Holzplatten zur Verstärkung der Töne der Saiteninstrumente. Luftmassen, namentlich Luftsäulen verhalten sich beim Mitschwingen wie Saiten; sie werden verwendet bei Blas-Instrumenten und dem menschlichen Stimm-Organ. Wie der Ton einer Stimmgabel verstärkt wird durch eine Luftsäule, lässt sich leicht mit einer Glasflasche oder mit einer metallenen Röhre zeigen, am besten mit ersterer, weil man leicht durch Einschütten von Wasser den Raum findet, bei welchem die angeschlagene Stimmgabel über die Mündung gebracht den lautesten Ton gibt. Hierher gehören auch die Resonatoren, Instrumente, welche Helmholtz erfunden hat, um die Obertöne einzeln wahrnehmbar zu machen. Diese Resonatoren sondern aus jedem Geräusch oder Ton den Eigenton des Resonators ab, so dass man z. B., wenn man mit einem Resonator am Ohr auf- und abgeht, bei jedem Tritt diesen Ton erschallen hört, woraus hervorgeht, dass in einem Geräusch auch periodische Luftbewegungen vorkommen können, wie sich denn in der That ein Geräuch auch aus vielen ganz verschiedenen Tönen bilden lässt, wenn man mit der ganzen Hand eine Menge nebeneinander liegender Tasten gleichzeitig auf dem Klavier anschlägt.

Indem wir zu den Beweisen für den Ohm'schen Satz übergehen, muss zuerst bemerkt werden, dass physikalische Gesetze im Allgemeinen auf zweifache Weise bewiesen werden können, durch Mathematik und durch Thatsachen, Erscheinungen. Letztere werden von uns entweder absichtlich hervor-

Digitized by Google

gerufen und heissen dann Experimente, oder nicht, und heissen dann Beobachtungen. Es wurde schon gesagt, dass Ohm durch Mathematik zu seinem Satze gelangt sei. Da dessenungeachtet der Satz nicht zur Anerkennung kam, so liegt darin ausgesprochen, dass man in der Physik die Beweise durch Thatsachen vorzieht. Helmholtz hat nun so viel Mittel angegeben, die Obertöne zur Anschauung zu bringen, dass es für unsern Zweck genügt, die besten davon auszuwählen, denen dann noch ein paar neue beigefügt werden sollen. [4])

---

[4]) Es wurden mancherlei Experimente gemacht bei dem Vortrage mit so einfachen Apparaten, dass deren Angabe zum Theil hier Statt finden möge, da sie Jeder bei der Hand hat oder sich doch leicht verschaffen kann. Nachtönende Resonatoren kann man sich leicht nach den Angaben des Vortrags bei jedem Klempner für ein paar Groschen das Stück anfertigen lassen. Eine Stimmgabel ist ebenfalls sehr billig überall zu kaufen. Eine Physharmonika ist ein sehr instruktives Instrument, um die Schwebungen und Combinationstöne zu studiren. Sie hat gegenwärtig eine so grosse Verbreitung, dass man sie schwerlich in einem Städtchen vermissen wird. Mit einem Klavier lässt sich eine Menge interessanter Erscheinungen zeigen. Die weichen, dumpfen Töne ohne Obertöne sind mit den Resonatoren und jeder Flasche, Wein- oder Medicin-Flasche, leicht darzustellen. Zum Anblasen mit dem Munde bediene ich mich eines kleinen messingenen Röhrchens von einem Federhalter, welches an dem einen Ende, wo es an den Stiel gesteckt wird, platt geklopft ist, um so einen bandförmigen Luftstrom zu erhalten. Zur Veranschanlichung der Eigenthümlichkeiten der Flöten nimmt man entweder ein Glas- oder Metallrohr von etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Weite, welches mit demselben Röhrchen angeblasen wird. Beim Anblasen der Resonatoren, Flaschen und Röhren ist nur zu beachten, dass man die platte Mündung des Röhrchens auf den einen Rand legt und direkt gegen den gegenüberstehenden Rand blasen muss, also nicht in den Hohlraum hinein. Will man den Unterschied zwischen offnen und gedackten Pfeifen anschaulich machen, so braucht man dasselbe Rohr nur einmal offen, und dann mit einem Kork an einem Ende verschlossen anzublasen. Nach dem Verstöpseln sind die geradzahligen Töne verschwunden. Es haben diese Versuche mit einem Rohr noch einen Vortheil, welcher im Vortrag

Digitized by Google

Das beste Instrument zur getrennten Darstellung der Obertöne ist ein Flügel oder ein Klavier; das Pianino eignet sich weniger dazu, weil seine Saiten mehr verdeckt sind. Also man hebe den Deckel eines Flügels oder Klaviers und lüfte die sämmtlichen Dämpfer, indem man etwa auf den Forte-Tritt ein Gewicht legt. Wenn man nun mit einem Pflöckchen zusammengedrehter Baumwolle oder einem Malerpinsel an einer mit dem Finger angeschlagenen Saite hinfährt, so wird man bald die Punkte finden, welche von der Saite die Hälfte, das Drittel, Viertel, Fünftel u. s. w. abschneiden, oder die Punkte, welche $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/5$, $1/6$ u. s. w. der Saitenlänge von einem Ende entfernt sind. Hier halte man mit dem Verschieben des kleinen Dämpfers ein und schlage die Saite auf's Neue an, wobei man das Pflöckchen oder den Pinsel einen Augenblick von der Saite entfernt. Wenn dann der Dämpfer (Pflock oder Pinsel) wieder an die Saite gelegt

---

aus Mangel an Zeit nicht hervorgehoben werden konnte. Da die Obertöne nach einander mit stärkerm Anblasen auftreten, so ist es nicht schwer, eine Zwischenstufe der Stärke des Anblasens zu treffen, bei welcher die beiden benachbarten Töne zusammen erscheinen.

Ein Monochord zur Darstellung der Obertöne nach dem 1. Beweise des Vortrags kann sich Jeder leicht selbst machen. Man nehme ein Stück Bord von 4 bis 5 Fuss Länge und von recht trocknem Holze, schlage an dem einen Kopfe einen Nagel hinein in der Richtung der Fasern, am andern Kopfe in entgegengesetzter Richtung einen 2. Drahtnagel, den man am stumpfen Ende etwas platt geklopft hat, um ihn mittelst einer Zange fassen zu können, und um den man in der Weise, wie sie bei Klaviersaiten beim Aufspannen angewandt wird, das andere Ende der Saite wickelt, welche an den 1. Nagel mittelst einer gedrehten Oehse, ebenfalls wie bei Klaviersaiten, gehängt wurde. Man lege noch an beiden Enden kleine Hölzchen unter und spanne die Saite nun, bis sie einen hellen Klang gibt, der dann mit einem Pflock Baumwolle untersucht werden kann, wie es der Vortrag angibt. Die Saite ist am besten ein dünner Messingdraht. Auf die Klötzchen an beiden Seiten legt man noch als Lager für die Saite kleine Drahtstücke.

Digitized by Google

wird, so hört man bald den Grundton verschwinden, aber den Oberton des betreffenden Saitenstücks nachtönen. Bis zum 5. und 6. Oberton gelingt es sehr leicht, auf diese Weise die Obertöne getrennt darzustellen. Bei höhern Obertönen muss man vorsichtiger sein, weil man leichter den betreffenden Punkt verfehlt, insbesondere aber, weil die Obertöne bei Saiten, wie überhaupt, um so schwächer werden, je höher sie sind. Für die niedern Obertöne genügt es meist, statt des Pflocks oder Pinsels den Finger anzulegen. Wollte man etwa gegen diesen Versuch einwenden, dass man durch Anlegen des Dämpfers zwar die Saite als Ganzes zur Ruhe bringe, aber noch nicht den Theil, welcher den Oberton erzeugt, dass also dieser erst entstehe beim Anlegen des Dämpfers, so würde dieser Einwand nur etwa Gültigkeit haben für den 1. Oberton, die Oktave des Grundtones. Denn bei den folgenden Obertönen sind die Stücke, in welche die ganze Saite beim Anlegen des Dämpfers getheilt wird, ungleich, und es ist nicht einzusehen, warum nicht auch das längere Stück für sich forttönen sollte, welches dann noch einen andern Ton hören lassen müsste, von dem aber nie etwas zu hören ist.

Ein zweiter Versuch wurde durch folgendes Raisonnement gefunden und bewährte sich in der Praxis vollkommen. Wenn ein Grundton in seiner Gesellschaft Obertöne hat, und wenn Töne solche Saiten, welche auf denselben Ton abgestimmt sind, zum Mittönen zu bringen vermögen, so muss man die mitschwingenden Saiten noch nachtönen hören, wenn man die Saite des Grundtons plötzlich dämpft. Hat man also alle Dämpfer des Klaviers gehoben und schlägt irgend eine der tiefern Saiten an, die man nach 1 bis 2 Sekunden durch Auflegen eines Fingers wieder dämpft, so hört man in der That noch eine Menge Saiten nachtönen, welche nicht an

Digitized by Google

geschlagen wurden und sämmtlich Obertöne des Grundtones angeben.

Ein 3. Versuchsmittel hat Helmholtz durch Rechnung gefunden; es sind die Resonatoren. Eine mathematische Entwickelung gab ihm die Antwort auf die Frage: Welche Form muss ein hohler Körper haben, wenn er im Stande sein soll, aus einem Tongemenge einen einzelnen Ton hervor zu heben? Die Mathematik sagte ihm, dass ein solcher Körper eine Kugelform haben müsse. Das Experiment bestätigte das Resultat der mathematischen Entwickelung. Die Kugel hat an einer Seite ein kurzes cylindrisches Rohr von etwa ½ Zoll Länge und Weite zum Eintritt, an der entgegengesetzten Seite ein etwas engeres, trichterförmiges Rohr von derselben Länge zum Austritt der Luftwellen in das Ohr, wesshalb das Austrittsrohr mit der engern nach aussen gehenden Oeffnung in den Gehörgang gebracht wird. Hat man den Resonator am Ohr, so hört man den Eigenton des Resonators in einem Tongemenge verstärkt, die Beitöne geschwächt. Lässt man sich von einem Klempner aus dickem Weissblech solche Resonatoren machen, welche aus 2 Hälften zusammen gelöthet sind, die nicht ganz bis zur Halbkugel ausgehämmert wurden, so dass man also eine sogenannte abgeplattete Kugel, ein Ellipsoid erhält, so sind diese noch den kugelförmigen vorzuziehen, weil sie die Obertöne nachtönen lassen. Hält man einen solchen auf $\underline{a}$ abgestimmten Resonator an das Ohr und schlägt auf dem Klavier oder der Physharmonika d an, welches man alsbald wieder verstummen lässt, so tönt $\underline{a}$ im Resonator nach, welches nicht möglich wäre, wenn dieser Ton nicht in Gesellschaft mit dem d geklungen hätte.

Ein 4. Mittel, die Obertöne nachzuweisen, ist folgendes. Wenn man 2 nebeneinander liegende Töne der durch grosse

Digitized by Google

Buchstaben bezeichneten Oktave, z. B. F und Fis oder Fis und G, auf der Orgel oder Physharmonika zusammen erklingen lässt, so hört man besonders deutlich die Erscheinung, welche unter dem Namen der Schwebungen bekannt ist. Die Erklärung derselben liegt nahe. Ertönen 2 Töne zusammen, welche in der Anzahl der Vibrationen für eine gewisse Zeit um 1 verschieden sind und diese Zeiteinheit beginnt mit einer Verdichtung beider, so fällt in der Mitte der Zeit eine Verdichtung des einen mit einer Verdünnung des andern zusammen; am Anfange der Zeiteinheit verstärken sie sich also, in der Mitte schwächen sie sich. Man kann aus der Zahl der Schwebungen, welche in einer Sekunde erfolgen, auf diese Weise leicht die Differenz der Schwingungen bestimmen. Lässt man auf der Physharmonika irgend einen tiefern Ton, z. B. d, und gleichzeitig die Quinte der nächst höhern Oktave erklingen (*a*), so hört man ganz langsam verlaufende Schwebungen. Diese sind nur in folgender Weise zu erklären. Bekanntlich sind auf unsern Tasteninstrumenten nur die Oktaven rein gestimmt, und zwar aus folgendem Grunde. Wenn man von irgend einem Grundtone, z. B. c ausgeht und in Quinten fortschreitet, so sind die 4 ersten Quinten g, *d*, *a*, *e*. Nennen wir die Schwingungszahl des c, des Grundtones 1, so ist der die 1. Quinte also $^3/_2$, der 2. Quinte $^9/_4$, der 3. Quinte $^{27}/_8$, der 4. Quinte $^{81}/_{16}$; diese 4. Quinte muss aber, wenn sie rein sein soll, als Terz der zweithöhern Oktave 5, also $^{80}/_{16}$ sein. Unsere Tasteninstrumente dürfen desshalb keine reinen Quinten haben. Ertönen nun d und *a* zusammen und d hat in seinem Klange die Quinte der nächsthöhern Oktave, so ist diese rein, wie es alle Obertöne sind. Dieses reine *a*, welches in d mit enthalten ist, erklingt mit dem unreinen *a*, welches durch die Taste angegeben wird, und

Digitized by Google

dadurch entstehen die Schwebungen, welche also durch ihr Dasein das reine $\bar{a}$ neben dem unreinen zu erkennen geben. [5])

Ein 5. Versuch gelingt leicht mit einem Monochord, welches mit einer langen (4 bis 5 Fuss) und dünnen Saite bespannt ist. Da der Grundton beim gewöhnlichen Anschlagen der Saiten durch seine Stärke die Obertöne zu sehr verdeckt, weil bei diesem Anschlag die Bewegung der ganzen Saite zu sehr überwiegend ist gegen die der Theile, so muss man eine andere Anschlagsweise wählen, wenn die Obertöne kräftiger hervortreten sollen. Wenn man desshalb auf den Boden des Monochords schlägt, ohne die Saite zu berühren, so hört man eine ganze Menge harmonischer Töne. Dasselbe geschieht bekanntlich, wenn man ein Monochord einem schwachen Luftstrom aussetzt, und man hat dann das, was man eine Aeolsharfe nennt.

Gehen wir nun zum 3. Theil unseres Vortrages über, so müssen wir zuerst unsere Instrumente rubriciren. Wir folgen dabei der Helmholtz'schen Anordnung, welcher die Instrumente eintheilt in 1) solche, deren Töne keine Obertöne haben; 2) solche, welche unharmonische Obertöne erzeugen; 3) Saiteninstrumente, welche wieder zerfallen in a) Tasteninstrumente und b) Streichinstrumente; 4) Blasinstrumente, welche eingetheilt werden in a) Flöten-, b) Zungen-Instrumente. Die Resultate der Untersuchungen, von denen hier nur eine Uebersicht gegeben werden kann, haben nach dem offnen

[5]) Noch deutlichere Schwebungen erhält man auf der Physharmonika, wenn man einen Grundton und die Terz der zweithöhern Oktave zusammen erklingen lässt, zum Beweise, dass auch der 5. Ton der Reihe im Grundton mit enthalten ist. Man muss sich jedoch hüten, alle Schwebungen, welche die Physharmonika in Harmonien so vielfach hören lässt, von Obertönen abzuleiten, da manche auch durch Combinationstöne entstehen. Combinationstöne sind solche Töne, welche durch das Zusammenklingen zweier andern hervorgerufen werden.

Digitized by Google

Geständniss von Helmholtz noch viele Lücken. Das Hauptresultat ist der Satz: Die Klangfarbe entsteht hauptsächlich durch die Obertöne, die Schwingungsform.

Instrumente, welche Töne ohne Obertöne oder Töne mit unharmonischen Obertönen geben, werden in der Musik selten gebraucht; erstere desshalb, weil ihre Töne zu leer, letztere aus dem Grunde, weil ihre Töne zu unangenehm sind. Zu den ersteren gehören die Stimmgabel und bauchige Flaschen, die Flöte nähert sich ihnen; zu letztern gehören die Stäbe, Glocken und Trommeln, welche nur noch Anwendung finden, wo besonders laute Klänge erforderlich sind. Es ist die Kunst des Glockengiessers, die unharmonischen Obertöne zu schwächen durch eine geeignete Form und Dicke. Ist die Wand der Glocke an einer Stelle ihres Umfanges dicker gerathen als an andern, so werden die ohnehin vorhandenen unharmonischen Obertöne verstärkt oder es werden dadurch sogar noch neue hervorgerufen, welche mit dem Grundtone und untereinander Schwebungen machen, so dass der Gesammtklang zu der Vermuthung Veranlassung geben kann, die Glocke sei gesprungen.

Die Tasten-Saiteninstrumente[6]) sind in der Gegenwart am meisten verbreitet, und mit Recht, weil sie bei ihrer heutigen Einrichtung sehr volle, kräftige Töne geben und die vollsten Harmonien gestatten. Durch Versuche sind die Instrumentenmacher in den letzten Jahrzehnten zu 3 wesentlichen Verbesserungen gekommen, welche die Theorie gut heissen muss; es sind dies die richtige Stelle und Art des Anschlags und die grössere Dicke der Saiten. Der erste

[6]) Aus Mangel an Zeit mussten die Saiten-Instrumente, welche mit dem Finger angeschlagen werden, Cither, Guitarre und Harfe, übergangen werden, und da sie keine besonderen Eigenthümlichkeiten darbieten, so war dies auch gestattet.

Digitized by Google

unharmonische Oberton ist der, welcher vom 7. Theil der Saitenlänge hervorgebracht wird, also die kleine Septime der zweithöhern Oktave. Da nun schon am Anfange dieses Jahrhunderts Thomas Young, ein Arzt und Physiker in London, gefunden hat, dass man diejenigen Obertöne in einem Gesammttone nicht hört, welche ihren Theilpunkt im Anschlagspunkte haben, also den 7. Ton nicht, wenn die Saite in der Entfernung eines Siebentel der ganzen Länge angeschlagen wird, so wählt man entweder diesen Punkt zum Anschlagen, oder einen, der dem einen Ende noch näher ist, um wenigstens die noch höhern unharmonischen Obertöne abzuschneiden. Die rechte Art des Anschlags liegt in der starken Befilzung der Hämmer. Helmholtz hat nachgewiesen durch Rechnung, dass die höhern Obertöne, welche meist unharmonisch sind, um so mehr vermieden oder geschwächt werden, je länger die Dauer des Anschlags ist. Wenn nun ein befilzter Hammer gegen eine Saite schlägt, so drückt er sich an der Anschlagsstelle ein, der Filz verdichtet sich so weit, bis er endlich der Kraft des Schlages widersteht; aber die Elasticität ist doch nicht so gross, wie bei manchen andern Stoffen, welche mit derselben Geschwindigkeit den Hammer wieder von der Saite zurückstossen würden, mit der er gekommen ist. Dadurch wird also die Anschlagsdauer verlängert, die unharmonischen Obertöne werden geschwächt, und so entsteht die milde Klangfarbe der neuern Instrumente. Jedoch tragen zur Herbeiführung derselben auch die dickern Saiten viel bei. Es ist leicht begreiflich, dass die Saite um so weniger in einzelnen Theilen schwingen wird, um so schwächere Obertöne haben muss, je steifer sie ist. Desshalb nimmt man jetzt dickere und sogenannte Stahl-Saiten. Die Messing-Saite Nr. 12, welche noch vor 50 Jahren häufig gebraucht wurde, findet

Digitized by Google

sich nur noch als Ladenhüter oder wird zu andern Zwecken verwendet.

Bei den Streich-Instrumenten wirkt der tonerregende Bogen ganz anders auf die Saite ein, als bei den Tasten-Saiteninstrumenten der Hammer; denn dieser bleibt nur ganz kurze Zeit mit der Saite in Berührung, der Bogen fortwährend. Der Bogen fasst die Saite in irgend einem Punkte, zieht sie langsam aus ihrer Gleichgewichtslage heraus so weit, bis ihre Elasticität die Ziehkraft des Bogens zu überwältigen vermag; sie schnellt dann unter dem fortwährenden Einflusse des Bogens zurück, der ihr also nicht gestattet, nach der entgegengesetzten Seite zu gleicher Abweichung zu gelangen. Wir sehen, die Wellenform muss auf diese Weise der Bewegungsform des Hüttenhammers ähnlich sein. Diese Ansicht hat Helmholtz durch das Vibrations-Microscop bestätigt gefunden. Er hat an der einen Zinke einer Stimmgabel ein kleines Microscop befestigt, die Stimmgabel durch den elektrischen Strom in dauernde Schwingung versetzt, vor dem Objektiv des Microscops eine Saite anstreichen lassen, die zusammengesetzten Formen, welche aus dem Zusammentritt beider Vibrationen sich ergeben, analysirt, und gefunden, dass die Schwingungen der Saite M-Striche bildeten. Wenn wir uns aus dem Vorhergehenden vergegenwärtigen, dass die Ausbiegungen der Schwingungen um so spitzer werden, je grösser die Anzahl einfacher Wellen ist, aus denen sie bestehen, so folgt schon daraus, dass die Töne der Streich-Instrumente viele Obertöne haben müssen, was sich auch durch Resonatoren leicht constatiren lässt. Helmholtz hat mit dem Microscop auch gefunden, dass die Ursache des sogenannten Kratzens der Töne der Streich-Instrumente darin besteht, dass die Wellenlinien Treppen, Absätze bekommen. Alte Streich-In-

Digitized by Google

strumente, namentlich von guten Meistern, geben die regelmässigsten Wellenlinien.

Die Blas-Instrumente zerfallen in Flöten- und Zungenwerke; beide Arten sind in der Orgel und im Orchester vertreten, in letzterm besonders die Zungen-Instrumente, denn es gehören dazu die sogenannten Blech-Instrumente, die Clarinette, Oboe und das Fagott. Bei den Flötenwerken wird der Ton hervorgerufen durch einen bandförmigen Luftstrom, welcher gegen eine Kante gerichtet ist; bei den Zungen-Instrumenten durch die Schwingung einer Membran. Bei den Flöten hört man gewöhnlich das Geräusch, welches der Luftstrom verursacht, den Ton begleiten. Da ein Geräusch ein Gemisch der verschiedenartigsten Töne ist, so muss man sich nach Helmholtz die Entstehung des Tones hier so denken, dass der Hohlraum, in welchen der Strom hineingeblasen wird, durch Resonanz diejenigen Töne des Geräusches auswählt und verstärkt, welche Eigentöne des Luftraumes sind, eine Ansicht, welche darin ihre Bestätigung findet, dass diese Eigentöne auch die Töne der Stimmgabel verstärken. Eine gewöhnliche D-Flöte bringt leicht bei Verschluss aller Seitenlöcher nach einander die Töne d, $\underline{d}$, $\underline{a}$ und $\underline{\underline{d}}$ hervor, wenn man den Luftstrom allmählig verstärkt. Daraus sieht man, dass eine Luftsäule sich verhält, wie eine Saite; denn es sind die 3 letztgenannten Töne die 3 ersten Obertöne von *d*. Diese Obertöne tönen auch schon bei schwächerm Luftstrom leise mit, wie die Resonatoren zeigen. Bei den stark angeblasenen Flöten der Orgel treten diese Obertöne stärker hervor, wesshalb sie Geigen heissen. Bei den Flöten mit weiterem Rohre sind die ersten Obertöne alle etwas höher, als die entsprechenden harmonischen Töne des Grundtons, wesshalb sie durch die Resonanz des Rohrs viel weniger verstärkt werden. Bei den kegelförmigen, nach oben sich

Digitized by Google

verengenden Flöten der Orgel tritt die Eigenthümlichkeit hervor, dass einige höhere Obertöne, besonders der 5. und 7., verhältnissmässig deutlicher werden, als die niedern, wesshalb zwar auch bei ihnen, wie bei jenen, der Ton noch leer ist, aber doch eigenthümlich hell wegen des angeführten Umstandes. Die gedackten, am nicht angeblasenen Ende verschlossenen Flöten haben, wenn sie enge sind, Eigentöne, welche den ungradzahligen Obertönen entsprechen; bei den weiteren gedackten liegen, wie bei den weiten offenen, die nächsten Eigentöne der Luftsäule merklich höher, als die entsprechenden Obertöne, und letztere werden desshalb wenig oder gar nicht verstärkt. Die weiten gedackten Pfeifen klingen desshalb weich und dumpf, die engen, weil ihnen die geradzahligen Obertöne fehlen, hohl und leer. So entsprechen überall die Wörter, mit denen wir die Klangfarbe bezeichnen, dem durch die Tonanalyse festgestellten Befunde. Es muss übrigens noch bemerkt werden, dass Helmholtz in diesen Angaben die Obertöne zählt mit dem Grundtone, als dem ersten der Reihe, beginnend; eigentlich ist also der 1. Oberton bei ihm der 2. etc.

Die Zungen-Instrumente haben entweder metallene, oder hölzerne, oder membranöse Zungen; erstere finden sich in der Physharmonika und in der Orgel; die hölzernen bei den Holzblase-Instrumenten, der Clarinette, Oboe und dem Fagott, die membranösen bei den Blechinstrumenten und am Kehlkopfe lebender Wesen. Die metallenen Zungen sind so steif, dass jede nur zur Hervorbringung eines einzigen Tones gebraucht werden kann; die hölzernen und membranösen Zungen dienen unter Beihülfe einer in einem Rohre eingeschlossenen Luftsäule zur Erzeugung vieler Töne. Die Physharmonika entbehrt der Beihülfe einer Luftsäule, aber man würde sehr irren, wenn man desshalb der Ansicht wäre, dass nur die

Digitized by Google

Vibrationen der Zunge den Ton hervorbrächten. Die Zunge vermittelt hier nur das Hervortreten von Luftstössen, welche zwischen der Zunge und der Oeffnung des Rahmens derselben sich hervordrängen. Die Tonerzeugung der Physharmonika ist also der der Sirene ähnlich, einem akustischen Instrumente, welches den Ton hervorbringt dadurch, dass Luft durch Löcher gestossen wird, welche sich abwechselnd öffnen und schliessen. Die Physharmonika hat eine Menge von harmonischen Obertönen, welche wie bei den Saiten, nach der Höhe allmählig schwächer werden, aber in geringerem Grade, wesshalb die Klangfarbe eine volle und helle ist. Die Harmonien derselben sind aber wegen der vielen Schwebungen meist unleidlich, wesshalb Helmholtz ihr einen andern Bau zu geben versucht hat.

Bei den Zungeninstrumenten mit einer in einem Rohre enthaltenen Luftsäule muss, wie bei den Zungenpfeifen der Orgel, der Ton der Zunge mit dem Ton der Luftsäule übereinstimmen, oder wie bei den Holzblaseinstrumenten, die Töne der Zunge müssen sich den Tönen der Luftsäule anbequemen, die Zunge muss also in diesem Falle mehrere oder gar viele Töne hervorbringen, wie auch bei den Blech-Instrumenten und dem Kehlkopfe lebender Wesen. Soll die Zunge zur Erzeugung vieler Töne dienen, so muss ihre Spannung veränderlich sein. Bei den Holz-Blaseinstrumenten wird die Spannung geändert durch den Druck der Lippen, durch Verkürzung oder Verlängerung der schwingenden Plättchen. Bei den Blechinstrumenten, wo die Lippen des Bläsers die Zungen bilden, und beim Kehlkopfe, wo die Stimmbänder, zwei halbkreisförmige Häute, welche oben die Luftröhre schliessen, die Töne erzeugen, wird die Spannung geändert durch Muskeln. Alle diese Instrumente haben eine Menge Obertöne, welche modificirt werden durch die Luftsäule, welche mit-

Digitized by Google

schwingt. Da dieser Luftsäule bei der Clarinette, weil sie dünn ist und an einem Ende geschlossen, die geradzahligen Obertöne fehlen, so kann man bei ihr nicht, wie bei der Flöte, diese erzeugen, sondern nur die ungeradzahligen, welche denn auch mit dem Grundtone sich hören lassen. Die Oboe und das Fagott geben, weil sie kegelförmige Röhren haben, auch die geradzahligen Obertöne. Bei den Hörnern und Trompeten liegen die Grundtöne wegen des langen Rohrs sehr tief, die Obertöne in den mittlern Gegenden der Skala ziemlich nahe zusammen. Die Trompete war auf diese natürlichen Töne beschränkt, beim Horne konnte man durch Verengerung des Schallbechers mit der Faust, bei der Posaune durch den Auszug des Rohrs die Töne modificiren. In neuerer Zeit hat man die meisten dieser Instrumente mit Klappen versehen, wodurch aber die Klangfarbe an Kraft und Glanz einbüsste. Alle diese künstlichen Instrumente haben die Einrichtung, vermöge deren zunächst der Grundton der Zunge, aber dann noch ausser diesem eine gewisse Anzahl von harmonischen Obertönen verstärkt wird, wogegen das menschliche Stimm-Organ dazu bestimmt ist, nur einen oder mehrere Obertöne hervorzuheben durch eine Luftsäule. Der zusammengesetzte Ton bekommt dadurch den Charakter eines Vokals. Dass die Vokale in der That nur zusammengesetzte Töne sind, ist leicht durch ein Experiment am Klavier nachzuweisen. Wenn man alle Dämpfer hebt und einen Vokal hinein singt, so geben die Saiten durch Mitschwingen sehr deutlisch den Vokal zurück. Helmholtz hat die verschiedenen Vokale analysirt und gefunden, dass im U am deutlichsten hervortritt f, im O *b*, in A *b*, in Ä *d* und *g*, in E *f*, und *b*, in I f und *d*, in Ö *f* und *cis*, in Ü f und *g*. Man sieht, wie hier überall den tiefern Tönen eine Verlängeruug der Mundhöhle

durch Vorschieben der Lippen, den höhern ein Zurückziehen derselben bei der Aussprache entspricht. Helmholtz hat seine Theorie der Vokale einem synthetischen Versuch unterworfen, er hat Vokale zusammenzusetzen versucht durch die Töne verschiedener Stimmgabeln, welche durch den elektrischen Strom in Vibration gesetzt wurden und deren Töne sich verstärken und abschwächen liessen durch vorgesetzte Resonatoren, deren Eingang durch einen Schieber mehr oder weniger geöffnet wurde. Der Versuch gelang vollkommen und bestätigte auch noch den Satz, dass durch den Phasenunterschied der einzelnen Tonwellen der zusammengesetzte Ton sich nicht ändert.

Dass das Hören auf einem Mitschwingen beruht, ist nach neuern Untersuchungen fasst gewiss. Die Einrichtung unseres Ohres war längst insoweit bekannt, dass man wusste, der Gehörgang, dessen Aussenrand die Ohrmuschel bildet, ist nach innen durch das Trommel- oder Paukenfell, eine schlaff ausgespannte Membran, geschlossen. Dann folgt nach innen die Paukenhöhle, welche durch die Eustachische Röhre mit dem Munde in Verbindung steht, so dass Derjenige, dessen Trommelfell durchlöchert ist, durch das Ohr einen Luftstrom blasen kann. In der Paukenhöhle liegen die 3 Knöchelchen, welche nach ihrer Gestalt Hammer, Amboss und Steigbügel heissen; der Hammer ist an das Trommelfell gewachsen, der Steigbügel an ein anderes Häutchen, welches eine Öffnung schliesst, welche in die 2. innere Höhle des Ohres führt, die mit Wasser gefüllt ist und Labyrinth genannt wird, weil eine Menge von bogenförmigen sich vielfach durch kreuzenden Canälen in derselben sich befindet. In diesen Canälen verbreitet sich der Hörnerv in vielen Zweigen oder Fasern. Einer dieser Canäle hat die Form einer Schnecke und wird auch so genannt. In dieser sind von einem neueren Anatomen,

Digitized by Google

Corti, die Organe entdeckt worden, welche wahrscheinlich die Luftvibrationen, die dem Trommelfell von aussen zugeführt, von den Gehörknöchelchen, der Haut und dem Wasser des Labyrinths fortgepflanzt werden, den Gehörnerven überliefern. Zum Theil sind es feine, platte Fasern, etwa 3000 an Zahl, zum Theil spröde Haare. Diese sind überall umlagert von Fasern des Gehörnerven. Wenn wir bedenken, dass wir höchstens 100 halbe Töne in unserer Musik haben, so sind also für jeden wenigstens 30 Instrumente vorhanden, welche hinreichen, um alle Schattirungen derselben wahrnehmen zu können. Die Wahrscheinlichkeit der Ansicht, dass die Gehörempfindungen durch Mitschwingen vermittelt werden, wird durch neuere Beobachtungen von Hensen an den Gehör-Organen der Krustenthiere erhöht. Er sah die Haare dieser Thiere unter dem Microscop beim Blasen eines Hornes erzittern, und zwar bei verschiedenen Tönen verschiedene Haare. Auch waren diese Haare gerade so gebaut und ebenso von Nerven umlagert, wie im Labyrinth unseres Ohres.

Zur Entschuldigung dieses mangelhaften Vortrages möge bemerkt werden, dass die Aufgabe, den Inhalt von etwa 250 Druckseiten in einer so kurzen Zeit übersichtlich und möglichst lückenlos darzustellen, keine leichte ist. Wenn desshalb der Vortrag den Wunsch hervorrufen sollte, das Wenige hier Gebotene aus der Quelle zu ergänzen, so wäre damit der Hauptzweck desselben erfüllt. Die Helmholtz'sche Schrift gehört jedenfalls zum Allerbesten der neuern populär-naturwissenschaftlichen Literatur. Die Revolution in der Musik, welche sie anzubahnen bestimmt ist, wird sicher durchgehen. Dafür bürgen andere Werke in derselben Richtung, z. B. das von v. Öttingen in Dorpat. Dafür zeugen die

Digitized by Google

Gesangs-Institute, welche ohne Instrumentalbegleitung singen lehren, deren Mitglieder in England Solfeggisten[7]) heisen

[7]) Helmholtz gibt in einer Beilage nähere Nachricht über die Solfeggisten und eine neue, in London stehende, von General Perronet Thompson construirte Orgel, aus der Folgendes hier stehen möge. Die Orgel erlaubt in natürlicher, nicht temperirter, also reiner Stimmung zu spielen. Sie ist viel complicirter als bie Physharmonika von Helmholtz, welche 24 Töne, die Orgel dagegen 40 verschiedene Pfeifen und 3 verschiedene Manuale mit zusammen 65 Tasten für die Octave hat, wobei dieselben Noten zum Theil in 2 oder auch in allen 3 Manualen vorkommen. Die Orgel erlaubt aber auch viel ausgedehntere Modulationen auszuführen, als die Physharmonika. Helmholtz hatte Gelegenheit, eine Sängerin zu hören, die oft mit Begleitung einer solchen Orgel gesungen hatte, und versichert, dass dieser Gesang ein eigenthümlich befriedigendes Gefühl vollkommener Sicherheit der Intonation gewährte. In London ist auch Gelegenheit gegeben, die Intonation dieses Instrumentes mit der natürlichen Intonation solcher Sänger zu vergleichen, die ganz ohne alle Instrumentalbegleitung singen gelernt haben und nur ihrem Gehör zu folgen gewöhnt sind; dies sind die Solfeggisten. Diese Gesellschaften brauchen zur Bezeichnung der Noten der Durtonleiter die Silben *Do, Re, Mi, Fa, So, La, Ti, Do,* so dass *Do* immer den Grundton bezeichnet. Ihre Gesänge sind nicht in gewöhnlicher Notenschrift aufgeschrieben, sondern mit gewöhnlicher Druckschrift, wobei die Anfangsbuchstaben der genannten Silben die Tonhöhe bezeichnen. Wenn durch Modulation der Grundton gewechselt wird, so wird die Bezeichnung ebenfalls so geändert, dass der neue Grundton wieder *Do* heisst, welcher Wechsel in der Notenschrift dadurch angekündigt wird, dass die Note, auf welcher der Wechsel Statt findet, 2 Beseichnungen erhält, eine für den früheren, die zweite für den neuen Grundton. Durch diesse Bezeichnungsweise wird also die Beziehung jeder Note zum Grundton hervorgehoben, und dem Sänger wird es dadurch möglich, immer ganz rein zu singen. Die gewöhnliche Notenschrift gibt aber nur die absoluten Tonhöhen an, und diesse auch nur für die temperirte Stimmung. Da die Solfeggisten nach natürlichen, nicht nach temperirten Tonstufen singen, so entstehen sehr merkliche Differenzen und Störungen, wenn ihre Chöre von einer temperirten Orgel begleitet werden. Manche Aeusserungen sind sehr charakteristisch. Ein junges Mädchen sollte ein Solostück aus F-Moll singen und nahm die Noten mit nach Haus, um am Clavier zu üben. Sie kam wieder mit der Erklärung, dass auf ihrem Clavier das *As* und *Des* nicht richtig wären, und in der That hatte sie recht, da in der temperirten Stimmung die Terz und Sexte am meisten abweichen von den natürlichen Tonstufen.

Digitized by Google

und sich in einer Zahl von 150000 bereits über alle grössern Städte dort verbreiten. Dafür spricht auch das immer mehr hervortretende Bedürfniss einer Reform unserer Tasten-Instrumente, besonders der Physharmonika und der Orgel.

Druck von Chr. Friedr. Will in Darmstadt.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google